



Latin American Journal of Aquatic Research

E-ISSN: 0718-560X

lajar@ucv.cl

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Chile

Bortolini, José Luis; Alonso, Pilar; Alvarez, Fernando

Árboles de clasificación de Potimirim mexicana (Decapoda: Caridea), organismo hermafrodita
protándrico secuencial

Latin American Journal of Aquatic Research, vol. 41, núm. 4, septiembre-, 2013, pp. 739-745

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Valparaiso, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175028552010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Research Article

Árboles de clasificación de *Potimirim mexicana* (Decapoda: Caridea), organismo hermafrodita protándrico secuencial

José Luis Bortolini¹, Pilar Alonso² & Fernando Alvarez³

¹Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 D.F., México

²Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 D.F., México

³Colección Nacional de Crustáceos, Instituto de Biología
Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 D.F., México

RESUMEN. Se presenta un análisis estadístico de variables morfométricas del camarón de agua dulce *Potimirim mexicana*, que ha sido descrito como hermafrodita protándrico secuencial. El objetivo es probar estadísticamente, que los organismos pueden ser clasificados por sexo, analizando su longitud y otras variables morfológicas. Un total de 191 organismos fueron capturados en el río Máquinas, Veracruz, México. La técnica utilizada fue la de árboles de clasificación, que mediante probabilidades van determinando las variables significativas en la variable "respuesta", así como las que son necesarias para la discriminación. Esta técnica permitió corroborar la teoría que la longitud total del organismo es necesaria para la discriminación de la variable sexo, pero también generó el resultado que, estadísticamente, dos variables más son importantes en este proceso discriminatorio; el largo del segundo pleópodo y largo del carpo del tercer pereiópodo. La técnica generó una clasificación correcta de 82% utilizando las tres variables mencionadas. Lo significativo del proceso es que al generar los árboles de clasificación se muestran, de manera sencilla y práctica, las variables necesarias en este proceso, así como su nivel discriminatorio individual.

Palabras clave: árboles de clasificación, *Potimirim mexicana*, Atyidae, Caridea.

Classification trees of *Potimirim mexicana* (Decapoda: Caridea), a sequential protandrous hermaphrodite organism

ABSTRACT. A statistical analysis of several morphometric variables of the freshwater shrimp *Potimirim mexicana*, which has been described as a sequential protandrous hermaphrodite, is presented. The purpose of the study is to test, statistically, that organisms can be classified by sex, analyzing their size and other morphological variables. A total of 191 organisms were collected in the Máquinas River, Veracruz, Mexico. The technique used was that of classification trees, through which will likely determines the significant variables in the variable "response", as well as those required for discrimination. This technique corroborated the theory that the total length of the body is necessary for discrimination of the sex variable, but also brought the result that, statistically, two more variables are important in this discriminatory process, the length of the second pleopod and length of the carpus of the third pereopod. The technique resulted in a correct classification of 82% using the three variables. What is significant is that the process generating the classification tree shown, in a simple and practical manner, the variables necessary for this process and their individual discriminatory power.

Keywords: classification trees, *Potimirim mexicana*, Atyidae, Caridea.

Corresponding author: Fernando Alvarez (falvarez@unam.mx)

INTRODUCCIÓN

Los crustáceos presentan especies dioicas o de sexos separados, pero también existen especies herma-

froditas simultáneas o secuenciales (Maynard, 1979; De Almeida & Buckup, 2000). Los hermafroditas secuenciales pueden, a su vez, ser protándricos, que es la condición más común, o protogínicos (Warner,

1975; Heather *et al.*, 1994). Entre los crustáceos el hermafroditismo secuencial se observa en más de 30 especies de camarones carídeos (Bauer, 2000), fenómeno que se explica por la teoría del modelo de ventaja del tamaño (Ghiselin, 1969; Warner, 1975). En los carídeos con hermafroditismo secuencial protándrico los machos exhiben tallas pequeñas, un par de *appendix masculina* en el segundo par de pleópodos, y gónadas que producen espermatozoides, que pasan a través de *vasa deferentia* terminando en ductos eyaculatorios ubicados en la base del quinto par de pereiópodos. Con el incremento de edad, longitud y la presencia de algunos fenómenos fisiológicos como la falta de una glándula androgénica (Charnov, 1982; Hasegawa *et al.*, 2002), los caracteres masculinos se atrofian hasta desaparecer totalmente. En este punto, se manifiestan los caracteres femeninos que consisten en longitudes mayores y un desarrollo de la porción femenina de la gónada produciendo ovocitos (Bauer, 2000; De Almeida & Buckup, 2000) que, a primera vista, es más conspicua que la gónada en su estadio masculino. Histológicamente, la gónada comienza como un tejido indiferenciado ubicado a lo largo del tracto digestivo, por encima del hepatopáncreas pero por debajo del sistema hemal, que madura, en primera instancia, como testículo y posteriormente, como ovario.

De acuerdo con Barros & Fontoura (1996), el género *Potimirim* está conformado por cinco especies: *P. americana* (Guérin-Méneville, 1855), *P. brasiliensis* Villalobos, 1959, *P. glabra* (Kingsley, 1878), *P. mexicana* De Saussure, 1857, y *P. potimirim* (Müller, 1881). En México se distribuyen solamente *P. glabra* y *P. mexicana* (Villalobos, 1959). La primera se encuentra en la vertiente del Pacífico mientras que *P. mexicana* en la costa del Golfo de México (Villalobos, 1959), desde el norte de México hasta Panamá, incluyendo Cuba, Jamaica y Puerto Rico (Abele & Kim, 1989). Existen trabajos que aportan información acerca de aspectos reproductivos, particularmente de *P. glabra*, como los de Chace & Hobbs (1969), Abele & Blum (1977) y Barnish (1984). *P. glabra* exhibe dimorfismo sexual que se hace evidente conforme aumenta la longitud del organismo, individuos sexualmente indiferenciados bajo 10 mm de longitud total (Lto), los machos alcanzan longitudes entre 8,0 y 15,0 mm de Lto, con madurez sexual aproximadamente a partir de 8,3 mm y las hembras oscilan entre 10 y 26 mm de Lto (Martínez *et al.*, 2004), lo cual sugiere que se trata de un hermafroditismo protándrico como lo refiere Bauer (2004). En el caso de *P. mexicana*, se ha registrado la madurez sexual en machos a 8,0 mm de Lto y en hembras desde 11 mm de Lto. Mediante análisis discriminante se demostró que *P. mexicana*

presenta un patrón de longitudes por sexo que la describe como una especie protándrica secuencial, comenzando con individuos sexualmente indiferenciados, que son los más pequeños; machos de longitud intermedia, y organismos de mayor longitud de la población que son las hembras (Alonso-Reyes *et al.*, 2010).

Es interesante notar que en el caso de las dos especies de *Potimirim* de México, las diferentes fases del hermafroditismo secuencial están fuertemente asociadas al tamaño del organismo y a algunos caracteres morfológicos que pueden ser estimados con precisión (Martínez *et al.*, 2004; Alonso-Reyes *et al.*, 2010). Por lo tanto, el objetivo de este estudio es explorar si el estadio sexual de los organismos se puede identificar con herramientas estadísticas que puedan describir la composición y comportamiento de las poblaciones. En este estudio se utiliza una nueva técnica, que pertenece a la rama del análisis multivariado, que es la de árboles de clasificación (Breiman *et al.*, 1984; Covelo *et al.*, 2008; Vega *et al.*, 2009). La técnica comienza suponiendo probabilidades *a priori* de igual tamaño para, en el presente caso, las tres clases de individuos (indiferenciados, machos y hembras) y se calcula una probabilidad de re-sustitución para determinar, con cada variable, la división binaria que puede establecerse primero en el nodo raíz y subsecuentemente en los modos posteriores. El procedimiento continúa en las siguientes divisiones, pero es necesario determinar si, en cada paso, se puede detener la división binaria, y por tanto generar un nodo terminal, por lo que se debe tener dos reglas: una de división y otra de terminación, que se verifican en cada paso. El algoritmo de la técnica se repite con cada variable hasta cumplir las reglas establecidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados proceden de cinco colectas de *P. mexicana* en el arroyo El Brujo en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México, entre 2003 y 2004, colectándose un total de 191 ejemplares. A partir de un examen preliminar se determinó que los siguientes caracteres podrían ser útiles para discriminar los diferentes estadios de *P. mexicana*: diámetro del ojo (DO), largo del carpo (LCA) y del mero (LME) del tercer pereiópodo, largo del caparazón (LC), largo del telson (LT), largo total (Lto) y largo del segundo segmento del primer (LP1) y segundo (LP2) pleópodo. Para el caso de los machos, se consideró además, el largo (LAM) y ancho (AAP) del *appendix masculina*. Los valores de LC, LT, Lto, se juzgaron importantes pues reflejan directamente la longitud del individuo

que, en este caso, se asocia al dimorfismo sexual que exhibe la especie. La longitud del tercer pereiópodo, aquí expresada como LCa y LMe, se utiliza puesto que en los camarones atyidos es la pata más desarrollada y puede reflejar también las diferencias entre sexos. Las longitudes de los pleópodos y del *appendix masculina* se incluyeron por ser estructuras asociadas a los caracteres sexuales secundarios. El DO se utiliza como una variable adicional correlacionada con la longitud y es fácil de obtener.

Para el análisis estadístico se utilizó la técnica de árboles de clasificación y, entre ellos, los estructurados binarios (Breiman *et al.*, 1984; Covelo *et al.*, 2008; Vega *et al.*, 2009), que son construidos por divisiones repetidas de subconjuntos de X en dos subconjuntos descendientes, comenzando con X mismo (Fig. 1).

Construcción del árbol

Considerando que se tiene un problema con J clases, se toma una muestra de aprendizaje L . Se considera una muestra de aprendizaje que consiste de datos $(\bar{x}_1, j_1), (\bar{x}_2, j_2), \dots, (\bar{x}_N, j_N)$, sobre N casos, donde $\bar{x}_n \in X$ y $j_n \in \{1, 2, \dots, J\}$ $n = 1, 2, \dots, N$. El aprendizaje de la muestra es denotado por L ; es decir, $L = \{(\bar{x}_1, j_1), (\bar{x}_2, j_2), \dots, (\bar{x}_N, j_N)\}$ (Breiman *et al.*, 1984). Se considera N_j como el número de casos en la clase j . Sean $\{\pi(j)\}$ las probabilidades *a priori* tomadas como las proporciones $\frac{N_j}{N}$.

En un nodo t , comprendido como punto de conexión entre dos o más elementos del árbol, sea $N(t)$ el número total de casos en L con $\bar{x}_n \in t$ y $N_j(t)$ el número de casos de la clase j en t . La proporción de los casos de la clase j en L que caen dentro de t es $\frac{N_j(t)}{N_j}$.

Para un conjunto *a priori* dado, $\pi(j)$ es interpretado como la probabilidad de que un caso en la clase j estará presente en el árbol. Se toma $p(j, t) = \pi(j) \frac{N_j(t)}{N_j}$ como el estimador por re-sustitución para la probabilidad de que un caso estará en la clase j y caiga dentro del nodo t .

El estimador por re-sustitución $p(t)$ de la probabilidad de que cualquier caso caiga dentro del nodo t es definido (Breiman *et al.*, 1984; Covelo *et al.*, 2008) por:

$$p(t) = \sum_j p(j, t)$$

El estimador por re-sustitución de la probabilidad de que un caso esté en la clase j , dado que se ubicó en el nodo t , es definido (Breiman *et al.*, 1984; Covelo *et al.*, 2008) por:

$$p(j|t) = \frac{p(j, t)}{p(t)}$$

y satisface:

$$\sum_j p(j|t) = 1$$

Cuando $\pi(j) = \frac{N_j}{N}$, entonces $p(j|t) = \frac{N_j(t)}{N_j}$; así,

las $p(j|t)$ son las proporciones relativas de los casos en la clase j en el nodo t .

Para la construcción del árbol se siguieron los siguientes pasos para obtener: (1) un conjunto Q de preguntas binarias de la forma $\bar{x} \in A?$ $A \subset X$; (2) un criterio de bondad de la división $\phi(s, t)$ que puede ser evaluado para cualquier división s de cualquier nodo t ; (3) una regla de detención de división; y (4) una regla de asignación para cada nodo terminal a una clase.

El criterio de la bondad de división que se utilizó es el índice de Gini (Breiman *et al.*, 1984), que mide la probabilidad estimada de clasificación errónea, y tiene la forma:

$$i(t) = \sum_{j \neq i} p(j|t) p(i|t)$$

El análisis se efectuó con el Software Statistica v. 8, que genera el árbol de clasificación de la variable sexo, a través del índice Gini. La probabilidad *a priori* que se utilizó en cada caso fue de 0.333, considerando que son iguales para cada clase (Tabla 1). Este método no toma en cuenta la distribución de los individuos, sino que asigna la misma probabilidad a cualquier división o clase.

RESULTADOS

Los 191 ejemplares analizados se separaron por medio de observación directa de los caracteres sexuales secundarios y el aspecto de la gónada en: indeterminados (43), machos (64) y hembras (84), dado que se desea determinar el sexo (variable dependiente), y clasificar a los individuos por sexo (objetivos). Para los individuos sexualmente indeterminados se asignó un valor de 0, para los machos el valor 1, y para las hembras el valor de 2; es decir, $C = \{0, 1, 2\}$.

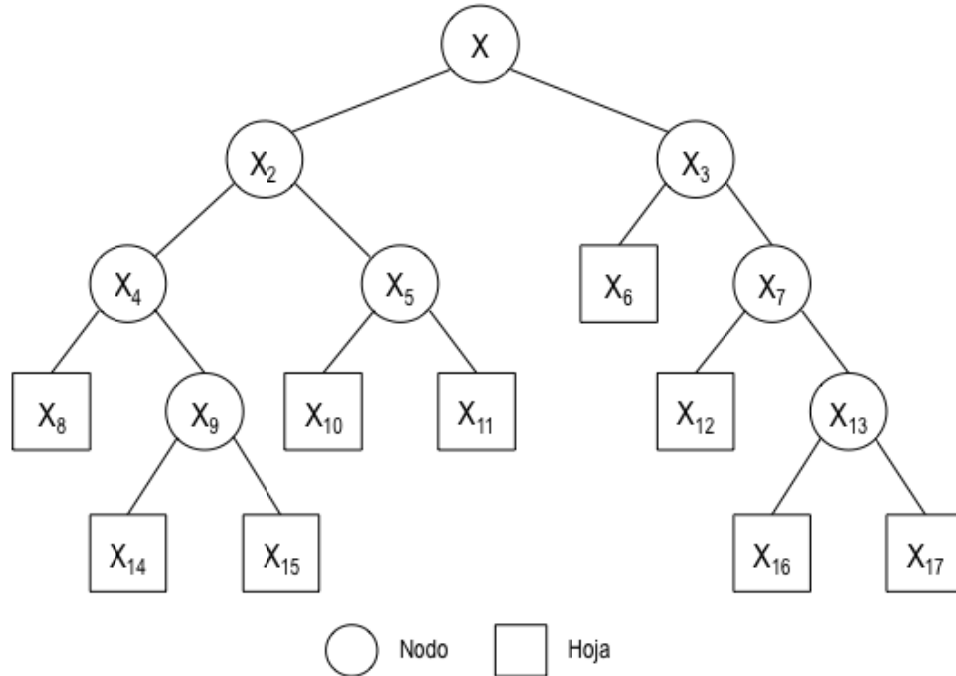


Figura 1. Árbol de clasificación hipotético de *Potimirim mexicana* mostrando nodos (círculos), donde la discriminación continúa y hojas (cuadrados) donde se ha clasificado el total de la muestra.

Tabla 1. Muestra de aprendizaje (N = 191) de *Potimirim mexicana*. Índice de Gini y probabilidades *a priori* iguales.

| Clase | Probabilidades <i>a priori</i> | Individuos en cada clase |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 0 | 0.333333 | 43 |
| 1 | 0.333333 | 64 |
| 2 | 0.333333 | 84 |

La muestra de aprendizaje consistió de la muestra completa.

La Figura 2 muestra el árbol de clasificación para la variable sexo y presenta nueve nodos, la clasificación se realizó discriminando la importancia de las variables a través del índice Gini. La primera variable que hizo la división fue LP2, que produjo un nodo final con los organismos indiferenciados; la siguiente variable importante fue Lto, que permite diferenciar entre hembras de una primera división y otra de hembras y machos; después le siguieron la variable LCa, y por último nuevamente Lto que generó los últimos nodos terminales.

Estructura del árbol de clasificación

Para conocer la partición de los nodos, los descendientes y los terminales a partir del nodo raíz se utilizó

la Tabla 2. El nodo raíz se dividió en los nodos 2 y 3. El nodo 2 es terminal, mientras que el nodo 3 se dividió en los nodos 4 y 5. El nodo 5 es terminal y el nodo 4 es dividido en los nodos 6 y 7. El nodo 7 es terminal y el nodo 6 es dividido en los nodos 8 y 9, donde ambos son terminales.

Para comparar si los individuos de la muestra fueron clasificados correctamente, fue necesario conocer la proporción o la clase predicha para cada nodo. Esto es particularmente importante para los nodos terminales (Tabla 3). Como se aprecia en el nodo 2, la clase predicha es cero y hay 41 individuos clasificados correctamente y 11 no; para el nodo 5 la clase predicha es la 2 y hay 55 individuos bien clasificados y 8 no, el proceso continúa de igual forma en los siguientes nodos terminales.

Importancia de cada variable en la clasificación de los individuos

Para esta combinación de medidas y probabilidades se obtiene que la variable que mejor clasifica sea Lto, con la más alta importancia, seguida de LC con 84 puntos. LP2 está en tercer lugar con 76 puntos y en cuarta posición LT, con 72 puntos (Fig. 3).

Clasificación

La clasificación de los individuos se muestra en la Tabla 4, donde la diagonal indica los elementos

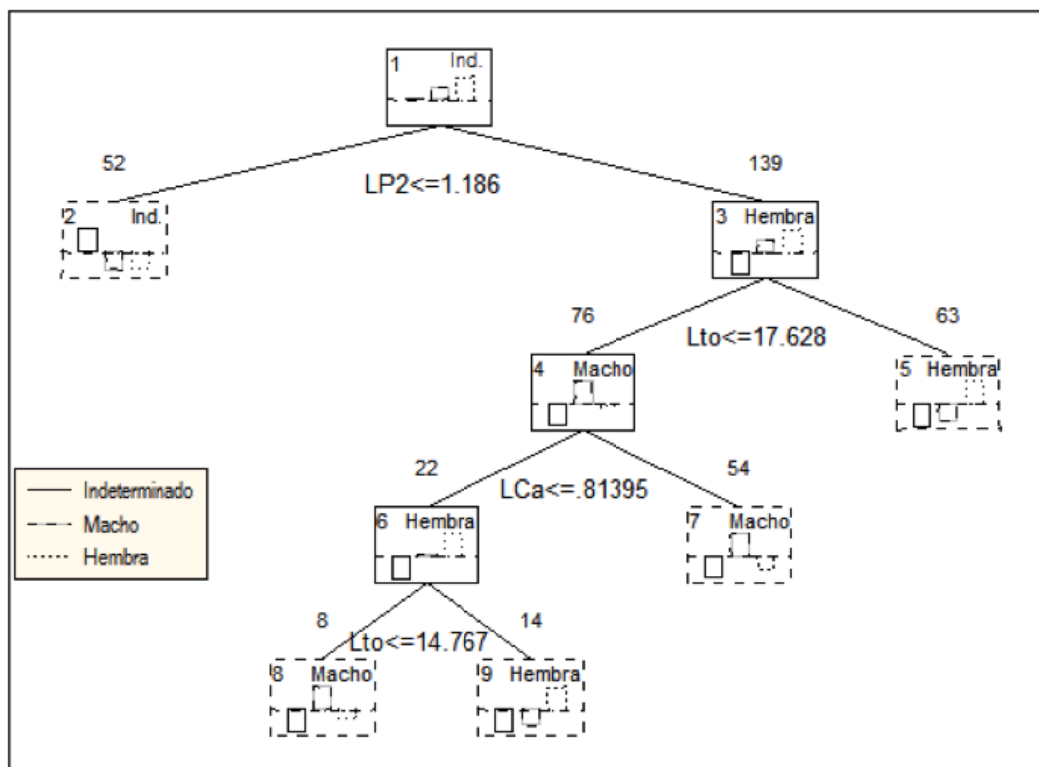


Figura 2. Árbol de clasificación para el sexo de *Potimirim mexicana*. Índice de Gini y probabilidades *a priori* iguales. LCa: largo del carpo, LP2: largo del segundo segmento del segundo pleópodo, Lto: largo total.

Tabla 2. Nodos descendientes y nodos terminales. Índice de Gini y probabilidades *a priori* iguales.

| Nodo | Rama izquierda | Rama derecha |
|------|--|--------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 2 | Deja clasificados 52 individuos indeterminados | |
| 3 | 4 | 5 |
| 4 | 6 | 7 |
| 5 | Deja clasificados 63 individuos hembras | |
| 6 | 8 | 9 |
| 7 | Deja clasificados 54 individuos machos | |
| 8 | Deja clasificados 8 individuos machos | |
| 9 | Deja clasificados 14 individuos hembras | |

correctamente clasificados. El número total de individuos clasificados erróneamente en la muestra de 191 ejemplares fue de 34 (17,8%) y se obtuvo un 82,2% de clasificación correcta en total, mientras que por clase se tuvo 78,8%, 79% y 87%, respectivamente.

DISCUSIÓN

Una de las características del hermafroditismo secuencial en los crustáceos, es la diferencia en el

tamaño del cuerpo entre los diferentes subgrupos de la población y que define en qué etapa de madurez sexual se encuentra un organismo (Bauer, 2004). En este estudio, la primera variable en discriminar fue LP2, la cual dejó 52 individuos indeterminados sexualmente (27,2% de la clasificación total). Después, para discernir entre hembras, Lto resultó ser la variable importante y 63 hembras fueron bien definidas (33% de la clasificación total); queda nuevamente un nodo terminal y otro que se ramifica. En este caso, la variable LCa discrimina y 54 machos fueron bien definidos (28,3% de la clasificación total); y por último, Lto determinó las últimas clasificaciones (11,5%).

La técnica permite encontrar otras variables importantes en la discriminación, diferentes de la longitud total y del caparazón es decir, LP2 y LCa, que no son consideradas en la literatura como estructuras importantes para realizar estudios de morfometría. Se corrobora también que Lto es una variable muy importante para determinar la madurez sexual, medida que ha sido utilizada anteriormente en este tipo de trabajos (Chow & Sandifer, 1991; Sánchez *et al.*, 2008; Alonso-Reyes *et al.*, 2010). Es interesante notar que LC, que tradicionalmente se ha utilizado en

Tabla 3. Clases predichas, nodos descendientes y número de individuos por clase observada y clase predicha por cada nodo para *Potimirim mexicana*. Índice de Gini y probabilidades *a priori* iguales.

| Nodo | Rama izquierda | Rama derecha | Ind. en Clase 0 | Ind. en Clase 1 | Ind. en Clase 2 | Clase predicha |
|------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 43 | 64 | 84 | 0 |
| 2 | | | 41 | 5 | 6 | 0 |
| 3 | 4 | 5 | 2 | 59 | 78 | 2 |
| 4 | 6 | 7 | 2 | 51 | 23 | 1 |
| 5 | | | 0 | 8 | 55 | 2 |
| 6 | 8 | 9 | 0 | 8 | 14 | 2 |
| 7 | | | 2 | 43 | 9 | 1 |
| 8 | | | 0 | 6 | 2 | 1 |
| 9 | | | 0 | 2 | 12 | 2 |

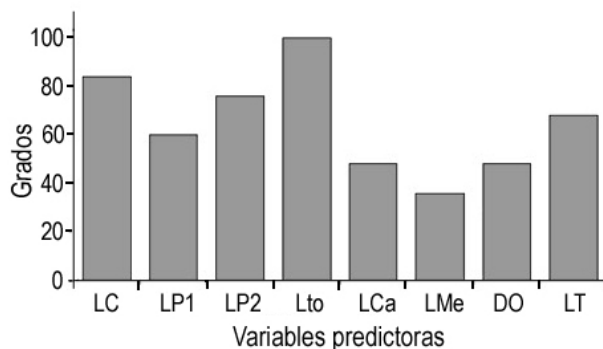


Figura 3. Grado de importancia de las variables predictoras en *Potimirim mexicana*. LC: largo del caparazón, LP1 y LP2: largo del segundo segmento del primer y segundo pleópodos, Lto: largo total, LCa: largo del carpo del tercer pereiópodo, LMe: largo del mero del tercer pereiópodo, DO: diámetro del ojo, LT: largo del telson. Índice de Gini y probabilidades *a priori* iguales.

trabajos de morfometría, no interviene en la discriminación del sexo de los organismos. El significado biológico de que LP2 discrimine los organismos sexualmente maduros de los indiferenciados, indica que la estructura tiene un crecimiento significativo en la etapa madura de los machos, cuando se desarrolla el *appendix masculina*. Con respecto a LCa, se puede interpretar que el dimorfismo sexual en esta especie se manifiesta también en la longitud de los pereiópodos, además de la talla total.

La técnica mostrada generó 82% de clasificación correcta de los organismos a través de tres variables (LP2, Lto y LCa), lo cual indica que sólo estas tres variables, desde el punto de vista estadístico, son necesarias para determinar la pertenencia a un grupo sexual determinado. Es necesario señalar que, si bien se corrobora que Lto es muy importante al interactuar

Tabla 4. Número de individuos en clase observada por clase predicha de *Potimirim mexicana*. Muestra de aprendizaje (N = 191). Índice de Gini y probabilidades *a priori* iguales.

| Clase predicha | Clase observada | | |
|----------------|-----------------|----|----|
| | 0 | 1 | 2 |
| 0 | 41 | 5 | 6 |
| 1 | 2 | 49 | 11 |
| 2 | 0 | 10 | 67 |

con otras medidas, la discriminación se hace más potente con LP2 y LCa.

En un análisis previo del mismo problema, Alonso-Reyes *et al.* (2010) encontraron que al usar el análisis discriminante se obtiene entre 78 y 92% de clasificación correcta de *P. mexicana* en sus tres estadios sexuales. Sin embargo, en este análisis la técnica no mostró con claridad la participación de cada una de las variables analizadas y su orden de entrada al modelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), de la Universidad Nacional Autónoma de México por el financiamiento recibido al Proyecto IN203906-3; a José Luis Villalobos y Carmen Hernández por el apoyo en el trabajo de campo y a Germán Hernández en el trabajo de laboratorio.

REFERENCIAS

Abele, L.G. & N. Blum. 1977. Ecological aspects of the freshwater decapod crustaceans of the Perlas Archipelago, Panama. *Biotropica*, 9(4): 239-252.

- Abele, L.G. & W. Kim, 1989. The decapod crustaceans of the Panama Canal. *Smithson. Contrib. Zool.*, 482: 1-50.
- Alonso-Reyes, M.P., J.L. Bortolini & F. Álvarez. 2010. Análisis discriminante aplicado a los grupos sexuales de *Potimirim mexicana*, camarón hermafrodita protándrico. *Rev. Mex. Biodivers.*, 81: S187-S192.
- Barros, N.G. & N.F. Fontoura. 1996. Crescimento de *Potimirim glabra* (Kingsley, 1878) (Crustacea, Decapoda, Atyidae), na Praia da Vigia, Garopaba, Santa Catarina, Brasil. *Nauplius*, 4: 11-28.
- Bauer, R.T. 2000. Simultaneous hermaphroditism in caridean shrimps: a unique and puzzling sexual system in the Decapoda. *J. Crust. Biol.*, 20(Spec. Issue): 116-128.
- Bauer, R. T. 2004. Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans. University of Oklahoma Press, Oklahoma, 282 pp.
- Barnish, G. 1984. The freshwater shrimps of Saint Lucia, West Indies (Decapoda, Natantia). *Crustaceana*, 47(3): 314-320.
- Breiman, L., J.H. Friedman, R.A. Olshen & C.J. Stone. 1984. Classification and regression trees. Chapman and Hall/CRC, New York, 341 pp.
- Chace, Jr. F.A. & H.H. Hobbs, Jr. 1969. The freshwater and terrestrial decapod crustaceans of the West Indies with special reference to Dominica. *U.S. Nat. Mus. Bull.*, 292: 1-258.
- Charnov, E.L. 1982. The theory of sex allocation. Princeton University Press, Princeton, 355 pp.
- Chow, S. & P.A. Sandifer. 1991. Differences in growth, morphometric traits, and male sexual maturity among Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, from different commercial hatcheries. *Aquaculture*, 92: 165-179.
- Covelo, E.F., J.M. Matías, F.A. Vega, M.J. Reigosa & M.L. Andrade. 2008. A tree regression analysis of factors determining the absorption and retention of heavy metals by soil. *Geoderma*, 147(1-2): 75-85.
- De Almeida, A.O. & L. Buckup. 2000. Occurrence of protandric hermaphroditism in a population of the neotropical freshwater crayfish *Parastacus brasiliensis* (Parastacidae). *J. Crust. Biol.*, 20: 224-230.
- Ghiselin, M.T. 1969. The evolution of hermaphroditism among animals. *Q. Rev. Biol.*, 44: 189-208.
- Hasegawa, Y., A. Okuno & H. Nagasawa. 2002. Immunohistochemical study of androgenic gland hormone: localization in the male reproductive system and species specificity in the terrestrial isopods. *Gen. Comp. Endocr.*, 125: 218-225.
- Heather, J.B., A.R. Timothy & R.W. Davies. 1994. Protogynous sex change in the intertidal isopod *Gnorimosphaeroma oregonense* (Crustacea: Isopoda). *Biol. Bull.*, 187: 99-111.
- Martínez, M., R. Román & A. Martínez. 2004. Growth of fresh water shrimp *Potimirim glabra* (Kingsley, 1878) (Crustacea: Decapoda: Atyidae) in the Coyuca River, Guerrero, México. In: M.E. Hendrickx (ed.). Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico Este 3. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, pp. 189-197.
- Maynard, S.J. 1979. The evolution of sex. Cambridge University Press, Cambridge, 221 pp.
- Sánchez, P.J., R. Beltrán & J.P. Ramírez. 2008. Crescimento y reproducción del camarón *Atya margaritacea* (Decapoda: Atyidae) en el Río Presidio, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Trop.*, 56: 513-522.
- Vega, F.A., J.M. Matías, M.L. Andrade, M.J. Reigosa, E.F. Covelo. 2009. Classification and regression trees (CARTs) for modeling the sorption and retention of heavy metals by soil. *J. Hazard. Mater.*, 167: 615-624.
- Villalobos, F.A. 1959. Contribución al conocimiento de los Atyidae de México (Crustacea, Decapoda). Estudio de algunas especies del género *Potimirim* (= *Ortmania*) con descripción de una especie de Brasil. *An. Inst. Biol.*, UNAM, 30: 269-330.
- Warner, R.R. 1975. The adaptive significance of sequential hermaphroditism in animals. *Am. Nat.*, 109: 61-82.

Received: 15 June 2012; Accepted: 15 October 2012